



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 42 11 171 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 06 K 9/62
G 06 F 15/18

②1 Akt nzeichen: P 42 11 171.4
②2 Anmeldetag: 3. 4. 92
④3 Offenlegungstag: 7. 10. 93

DE 42 11 171 A 1

⑦1 Anmelder:
Diehl GmbH & Co, 90478 Nürnberg, DE

⑦2 Erfinder:
Babel, Wolfgang, Dr., 8505 Röthenbach, DE;
Dittmann, Lutz, 8501 Eckental, DE; Hetterich,
Norbert, 8500 Nürnberg, DE; Kuhlmann, Horst, 8501
Rückersdorf, DE; Ott, Ludwig, 8553 Ebermannstadt,
DE; Müller, Thomas, 8505 Röthenbach, DE

⑤4 Verfahren zum Erkennen von interessierenden Mustern

⑤7 Für eine schnelle und dennoch präzise Mustererkennung anhand vorgegebener Vergleichsinformationen wird ein möglichst kleiner singulärer Ausschnitt aus dem interessierenden Muster im Wege der Kreuzkorrelation gesucht und nach dieser Positionsbestimmung dessen Umgebung blockweise auf die Eingangsneuronen eines zuvor eingelernten Klassifikationsnetzwerkes gegeben. Die Mustererkennung wird lage- und maßstabsunabhängig, wenn nicht einzelne Strichelemente in das Klassifikationsnetzwerk eingespeist werden, sondern zunächst die etikettierte und an den Ecken abgerundete Kontur hinsichtlich Betrag und Vorzeichen ihrer Krümmung längs eines Umlaufes erfaßt und der schnellen Fourier-Transformation unterzogen wird. Dagegen wird auf ein Konturen-Binärbild die Hough-Transformation angewandt, wenn es nicht um die Erkennung einer beliebigen Kontur geht, sondern um das Kantenbild eines Gegenstandes, aus dem gerade und zueinander parallele Teile wie etwa Steckstifte hervorragen; weil dann für die Qualitätskontrolle nur im Transformationsbild ein Toleranzschlauch um die Gerade definiert werden muß, auf der die Abbildungs-Punkte exakt parallel zueinander orientierter gerader Stifte liegen würden. In allen Fällen läßt sich eine wünschenswerte Kontrasterhöhung für den Binärbild-Auszug bei farbiger Vorlage in farbiger Umgebung erzielen, wenn die interessierende Grundfarbe durch Differenzbildung mit den beiden anderen Grundfarben neutralisiert wird. Das fördert z. B. die automatische Kontrolle ...

DE 42 11 171 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 93 308 040/421

9/49

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei derartigen Verfahren ist es bekannt, das interessierende Muster — etwa eine Typennummer (vgl. ELEKTRONIK, Heft 22/91, Seite 136) — mit einer elektronischen Kamera zu erfassen und für die Kreuzkorrelation mit Vergleichsmustern (etwa den Ziffern) abzuspeichern. Für ein hinreichend gutes Korrelationsergebnis ist allerdings das Einhalten sehr kritischer Beleuchtungsbedingungen wesentlich; und außerdem muß das zu analysierende Muster (wie etwa die mehrstellige Typenzahl) in einer bestimmten Größe und Lage abgebildet werden. Das bedingt, mittels manueller oder halbautomatischer Positionierverfahren zunächst einmal das interessierende Muster möglichst gut ausfüllend in einem Normrahmen unterzubringen, so daß die für die Korrelation zugrunde zu legenden Maßstabs- und Positionsanforderungen erfüllt sind. Diese Positionierung und dann die Durchführung der Kreuzkorrelation für jedes einzelne Element des Musters (etwa für jede einzelne Ziffer einer mehrstelligen Zahl) bedingen vergleichsweise große Handhabungs- und Rechenzeiten, die dem Einsatz preisgünstiger Industrierechner auf PC-Basis jedenfalls dann im Wege stehen, wenn ein solches Bildverarbeitungsverfahren zur Qualitätskontrolle oder zur Steuerung automatischer Handhabungs-Mechanismen in den laufenden Fluß einer Großserienfertigung einbezogen werden soll.

In Erkenntnis dieser Gegebenheiten liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Verfahren gattungsgemäßer Art anzugeben, die nicht nur weniger rechenzeitaufwendig beim Mustervergleich arbeiten, sondern insbesondere auch flexibler einsetzbar sind hinsichtlich des Erfordernisses der Ausrichtung des interessierenden, zu analysierenden Musters.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß für eine Grauwert-Musterauswertung dadurch gelöst, daß mittels der Kreuzkorrelation nur ein kleiner singulärer Ausschnitt des gesamten interessierenden Musters aufgesucht und von dieser Position aus dann blockweise fortschreitend eine Bilderkennung über ein eingelerntes Klassifikationsnetzwerk erfolgt.

Insoweit das interessierende Muster als ebenes Druckbild, etwa als Negativbild einer Druckfolie, vorliegt, kann, ebenso wie bei der Formanalyse und Lagererkennung von Gegenständen auf einer Unterlage, zu einer Binärbild-Auswertung übergegangen werden, bei der die Fourier-Transformierte des Krümmungsverlaufes über dem geschlossenen Randbereich des interessierenden Musters, eingespeist in ein schnelles Klassifikationsnetzwerk, eine rasche und zuverlässige lageunabhängige und maßstabsunabhängige Mustererkennung erbringt. Wenn zusätzlich zur Mustererkennung oder statt dessen eine Analyse der relativen Lage bestimmter Teilbereiche des binär abgebildeten Gegenstandes zueinander interessieren, dann ist der Einsatz einer Abwandlung der schnellen Fourier-Transformation zweckmäßig, nämlich die sogenannte Hough-Transformation, Ableitung in Kapitel 16.4 des Buches "Digitale Bildverarbeitung" von Habesräder, Carl Hanser Verlag, München und Wien, weil bei dieser sich die einzelnen Abbildungen paralleler Linien in der Transformationsebene zu Punkten auf einer Geraden überlagern. Verbogene Stifte etwa führen zu ausfransenden und verschobenen Punkten, was durch einen Toleranzschlauch in der Transformationsebene für das Binärbild des zu untersu-

chenden Gegenstandes leicht detektierbar ist.

Sollen farbige Gegenstände oder Konturen in farbiger Umgebung analysiert werden, dann ist es für ein aussagekräftiges Binärbild zweckmäßig, die repräsentative Farbe des interessierenden Musters (also etwa grün bei der Suche nach bestimmten Vegetationsformen) durch Verhältnisbildung mit den beiden anderen Grundfarben auszublenden und den dadurch farblosen Bereich in der farbigen Umgebung der Abbildungsebene wechselseitig zu digitalisieren. Wenn sich aufgrund kleingliedriger Vegetation kein aussagekräftiger geschlossener Bereich ergibt, dann werden größere Bereiche durch Etikettieren geschaffen, um wieder auf ein Muster mit ungebrochener Umfangskontur die korrelationsfreie und deshalb rasche, hoch auflösende Bildverarbeitung des Fourier-Descriptors anwenden zu können, wenn nicht einfach ein Flächen-Histogramm (Pixelzahl des umschlossenen Bereiches im Vergleich zum erfaßten Gesamtbereich) für die Musterauswertung und die daraus abzuleitenden Steuerungsvorgänge bereits genügt.

Zusätzliche Alternativen und Weiterbildungen sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und, auch unter Berücksichtigung der Darlegungen in der Zusammenfassung, aus nachstehender Beschreibung von Ausführungsbeispielen für Anordnungen zum Ausüben der erfindungsgemäßen Verfahren. Es zeigt:

Fig. 1, Fig. 2 die Überprüfung der Bedruckung eines dünnen zylindrischen Gegenstandes hinsichtlich Inhalts und Druckbilds des aufgetragenen Musters,

Fig. 3, Fig. 4 die lage- und maßstabsinvariante Erkennung eines Binärbild-Musters mittels Fourier-Transformation seiner Umlauf-Krümmungswerte,

Fig. 5, Fig. 6 eine vom Fourier-Descriptor abgeleitete Transformation zur Beurteilung der Linearität und Parallelität von Stiften eines im Binärbild gerasterten Gegenstandes und

Fig. 7 die Kontrasterhöhung zur Binärbild-Auswertung bei einem überwiegend einfarbigen Objekt in farbiger Umgebung, erläutert am Beispiel der Steuerung einer Herbizid-Spritzdüse für die Vegetationsbekämpfung von Unkraut in Nutzkulturen oder längs Verkehrswegen.

Das anhand von Fig. 1, Fig. 2 zu erläuternde erfindungsgemäße Verfahren zum Erkennen von interessierenden Mustern 11 bezieht sich insbesondere auf die Bedruckung der Mantelfläche 12 von Prismen und Zylindern relativ großer Länge im Verhältnis zum Durchmesser. Bei diesen kann es sich vorzugsweise um im Querschnitt vieleckige oder runde Zeichen- oder Kosmetikstifte handeln, aber etwa auch um Pinselhüllen oder Verpackungsröhrchen. Die Erzeugende der Mantelfläche 12 muß nicht achsparallel und geradlinig verlaufen, vielmehr kann die Mantelfläche 12 z. B. in Richtung ihrer Längsachse auch regelmäßig oder unregelmäßig strukturiert sein.

Der stiftförmige Gegenstand 13 wird zur Überprüfung des interessierenden Musters 11 mittels einer Fördereinrichtung auf längs der Mantelfläche 12 anliegende Drehelemente 14 (Rollen oder Walzen) verbracht. Deren Antrieb ist dafür ausgelegt, daß der Gegenstand 13 mehr als einmal, vorzugsweise wenigstens zweimal, um seine Achse 15 gerollt wird. Dabei wird die gesamte interessierende Mantelfläche 12 von einer Zeilenkamera 16 erfaßt, die wenigstens eine komplette Abbildung des Musters 11 an das nachgeschaltete Auswertegerät 17 li fert. Ein kleiner, singulärer (nämlich im interessie-

renden Muster nur einmal vorkommender) Ausschnitt 18 aus dem interessierenden Muster 11 wird in einem Kreuzkorrelator 19 mit einer übereinstimmend vorgegebenen Vergleichsinformation 20 verglichen, wofür die Muster-Abbildung 21 im Auswertegerät 17 in Richtung der Achse 15 so lange abgetastet wird, bis sich ein maximales Korrelationsergebnis 22 einstellt. Damit ist eine Referenzposition 23 für die weitere Mustererkennung definiert, die nun zur Beschleunigung des Erkennungsverfahrens nicht korrelativ arbeitet, sondern mittels eines Klassifikationsnetzwerkes 24. Bei diesem handelt es sich bevorzugt um ein künstliches neuronales Netz, in das die gemäß dem Druckvorgang zu erwartenden Teile des interessierenden Musters 11 eingelernt sind (vgl. ELEKTRONIK 1992, Heft 6, Seiten 104–109).

Die von der Zeilenkamera 16 gelieferte Abbildung 21 wird deshalb nun im seitlichen Anschluß an den die Referenzposition 23 definierenden Ausschnitt 18 gestartet und über einen elektronischen Abtaster 25 (der zur Vereinfachung des Verständnisses in Fig. 2 als mechanisch verschiebbarer Aufnehmer skizziert ist) schrittweise abgefragt. Dabei entspricht die Abfrage-Schrittweite der aufgrund der Druckvorgaben im interessierenden Muster 11 zu erwartenden Block- oder Buchstaben-Breite. Es werden also die sich seitlich an die Referenzposition 23 anschließenden Blöcke 26 nacheinander jeweils in mehrere Pixel aufgelöst, so daß die Eingangsneuronen 27 des Netzwerkes 24 mit den einzelnen Strichelementen des im gerade erfaßten Block 26 vorhandenen Teilmusters beaufschlagt werden. Für einen bestimmten solchen Eingangsvektor erscheint bei hinreichend ungestörtem Inhalt des gerade betrachteten Blockes 26 das entsprechende Teil-Muster am Ausgang durch Anregung eines der Ausgangsneuronen 28 nach Maßgabe der eingelernten Gewichtung-Verknüpfungen. Die blockweise Aufeinanderfolge der Ausgangsinformationen im Anschluß an die zuvor erfaßte Referenzposition 23 wird in einem Vergleichler 29 erfaßt und daraufhin ausgewertet, ob etwa die Beschriftung, die das Muster 11 ausmacht, auch tatsächlich dem fraglichen überprüften Gegenstand 13 zugeordnet ist bzw. ob dieses Muster 11 hinreichend lesbar oder aber beim Druck unzumutbar zerstückelt worden ist. Für diese optoelektronische Kontrolle auf Zuordnung und Vollständigkeit des Musters 11 ist es also nicht erforderlich, eine bestimmte Längsposition des Gegenstandes 13 mit dem zu untersuchenden Muster 11 unter dem Auswertegerät 17 einzunehmen, wenn nur die gesamte axiale Länge des interessierenden Musters 11 von der Zeilenkamera 16 (möglichst in einem Zuge, erforderlichenfalls auch in mehreren axial gegeneinander versetzten Abschnitten) erfaßt wird.

Das Auffinden der Lage des Referenzausschnittes 18 in bezug auf die Zeilenkamera 16 ist selbst bei stark gekrümmter Mantelfläche 12 in weiten Grenzen unabhängig von Beleuchtungsschwankungen, wenn für die Kreuzkorrelation ein als solches bekanntes, der auf Mittelwertbildung bzw. Auswertung einer Standardabweichung basierenden normierten korrelativen Verfahren Einsatz findet. Aufgrund der schwankenden Reflexions-Gegebenheiten über der Mantelfläche 12 beruht diese korrelative und auch die sich anschließende normale Mustererkennung also auf Verarbeitung von Grauwertbildern, denn für eine Abstrahierung auf Auswertung vollständig beleuchtungsunabhängiger Binärbilder reicht aufgrund der stark gewölbten Mantelfläche 12 die Konstanz des erzielbaren Kontrastes in der Regel nicht aus.

Der Vorteil der Mustererkennung mittels des künstlich-neuronalen Klassifikationsnetzwerkes 24 gegenüber der Kreuzkorrelation mit einem Idealmuster liegt neben der höheren Verarbeitungsgeschwindigkeit insbesondere auch darin, daß selbst relativ stark verstümmelte Symbole noch erkannt werden, also zu eindeutigen Ausgangsinformationen führen. Damit geht für den nachgeschalteten Vergleichler 29 allerdings eine im Korrelationsergebnis sonst enthaltene Information über den Grad der Übereinstimmung, also etwa über Lückenhaftigkeit der Druck-Übertragung des Musters 11 auf den Gegenstand 13, verloren. Eine parallele Korrelationsauswertung zur Rückgewinnung dieser Information würde aber die erzielbare hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit wieder auf die vergleichsweise langsame Korrelationsverarbeitung reduzieren. Um eine Information über die Qualität der Übertragung des Musters 11 auf den Gegenstand 13 zu gewinnen, kann jedoch die Heißprägefolie 30 ausgewertet werden, deren Beschichtung 31 regional, nämlich gemäß dem aufzubringenden Muster 11, mittels eines beheizten Stempels auf die Mantelfläche 12 übertragen wurde, so daß in der Folien-Beschichtung 31 gewissermaßen das Negativbild 32 des Musters 11 zurückbleibt. Die Druckqualität der Übertragung des darzustellenden Musters 11 auf den Gegenstand 13 wird nun anhand dieses Negativs untersucht, indem das Negativbild 32 mit dem Muster 11 verglichen wird. Das kann im Durchlichtverfahren und somit auf Grund guten Kontrastes anhand eines Kanten repräsentierenden Binärbildes 33 erfolgen. Wenn also im Vergleichler 29 festgestellt wird, daß für einen bestimmten gerade erfaßten Block 26 der Kantenverlauf 34 nicht hinreichend der über das Netzwerk 24 momentan gelieferten Ausgangsinformation 35 entspricht, dann ist die Druck-Übertragung des Musters 11 auf den Gegenstand 13 offenbar unterbrochen oder unscharf erfolgt; und obgleich der Inhalt des Musters 11 dem Gegenstand 13 korrekt zugeordnet ist, wird dieser durch Ansteuern eines Separierers 36 dennoch als Ausschuß aus der laufenden Produktion ausgesondert. Das erfolgt auch, wenn zwar die Kontur des Musters (etwa eines Buchstabens) durch den Kantenverlauf 34 bestätigt wird, aber im Innern des Negativbildes 32 noch Reste der ursprünglichen Beschichtung 31 als nicht auf die Mantelfläche 12 übertragene Flecken zurückgeblieben sind, so daß das Muster 11 zwar inhaltlich vollständig abgedruckt ist, aber nicht in vorgegebener Weise vollflächig.

Es muß sich bei dem interessierenden Muster 11 keineswegs um eine Folge dekorativer oder informativer Symbole (wie von Bildern oder Buchstaben) auf der Mantelfläche eines stiftförmigen Gegenstandes handeln; es kann sich auch um die Kontur von Teilen handeln, die auf einer strukturierten Unterlage angeordnet sind, etwa von elektronischen Bauteilen auf dem Leiterbahnenmuster einer Schaltungsplatine.

Andere Beispiele der Praxis sind die Mustererkennung der Struktur von Chromosomen-Formen oder die Vegetationsüberwachung etwa zur Analyse gefährdeter Waldbestände oder zur Freilegung von Verkehrswegen (wie am Seitenrand überwachsene Straßenzüge oder im Schotterbett durchwachsene Schienenstränge.) Gerade bei der Qualitätsprüfung von mit Bauelementen bestückten Leiterplatten bzw. bei der Auswertung von Geländeaufnahmen hinsichtlich bestimmter interessierender Objekte (Fahrzeuge) besteht ein gesteigertes Interesse an lage- und maßstabsinvarianter Erkennung; also an einer eindeutigen Information über das interessierende Muster 11 unabhängig davon, welche Lage be-

züglich des Auswertegerätes 17 und welchen Abstand zum Sensor (Kamera 16) es gerade aufweist. Dafür erfolgt zweckmäßigerweise, vor der beschriebenen Analyse mittels eines Klassifikationsnetzwerkes 24, bei ausreichendem Bildkontrast eine Vorverarbeitung zum Binärbild 33 (Fig. 3), das den Kantenverlauf 34 des gerade verarbeiteten Ausschnittes des interessierenden Musters 11 im Gesamtbild wiedergibt. Etwaige Unterbrechungen 37 im Kantenverlauf 34 werden etikettiert, d. h. durch direkte Überbrückung geschlossen; und scharfkantige Ecken 38 werden abgerundet. Sodann wird der geschlossene Kantenverlauf 34 abgetastet und die Folge der Krümmungswerte k für einen kompletten Umlauf U über den Umlaufweg u erfaßt. Der Kantenverlauf 34 des Binärbildes 33 zum Teil-Muster 11 gemäß Fig. 3 besteht im wesentlichen aus Geraden ($k=0$) mit einer Folge von Ecken 38 in Form enger Kreisbögen, die längs eines Umlaufes U alle übereinstimmende Krümmungen gleichen Vorzeichens aufweisen, mit Ausnahme einer einzigen der Ecken 38, bei der die gleiche Krümmung umgekehrtes Vorzeichen hat. Eine Periode des entsprechenden Verlaufes $k = f(u)$ ist in Fig. 4 stark vereinfacht skizziert. Diese, über die Kamera 16 aus dem gerasteten Binärbild 33 von einem Scanner 39 gewonnene, Funktion wird mit einem schnellen Fourier-Transformator 40 in einen Fourier-Descriptor 41 umgesetzt, der die in der periodischen Funktion erhaltenen Frequenzkomponenten zum Inhalt hat. Diese diskreten Frequenzkomponenten sind dann die Eingangsinformationen für das Klassifikationsnetzwerk 24, das originär mit den Fourier-Deskriptoren unterschiedlicher später interessierender Muster-Binärbilder 33 eingelernt wurde.

Wenn vom interessierenden Muster 11 zusätzlich zur (maßstabsunabhängigen) Form auch die lagemäßige Orientierung in der erfaßten Ebene interessiert, dann erfolgt über das Pixelbild der von der Kamera 16 erzeugten Abbildung die Berechnung der Momentenellipse 42 um den Schwerpunkt 43 der geometrischen Konfiguration dieses Muster-Binärbildes 33, wie ebenfalls in Fig. 3 berücksichtigt. Die Lage der Achsen der Ellipse 42 bezüglich eines im Auswertesystem vorgebbaren Koordinatensystems stellt eine Information über die Orientierung des betrachteten Teil-Musters in diesem Koordinatensystem dar. So kann nicht nur ein Gegenstand aufgrund seines Umriß-Bildes klassifiziert, sondern auch in seiner Lage erkannt werden, was etwa für die Qualitätsprüfung bei der Leiterplatten-Oberflächenbestückung oder für das automatische Aufnehmen von Maschinenelementen mittels Roboter-Greifern von praktischem Interesse ist.

Wenn das Muster 11 nicht nur als Projektion eines Gegenstandes 44 in die Betrachtungsebene interessiert, sondern beispielsweise der Abstand und die Parallelität von Steck-Stiften 45 eines elektromechanischen Steckers oder eines DIP-Gehäuses (Fig. 5) überwacht werden sollen, dann findet vorzugsweise eine Hough-Transformation statt. Diese liefert Informationen über den Abstand und den Verlauf von Linien in bezug auf den Nullpunkt eines Auswerte-Koordinatennetzes, das in Fig. 5 links symbolisch angedeutet ist. Jede Gerade (dem Stift 45 entsprechend) liefert in der in Fig. 6 dargestellten Transformationsebene für jeden Punkt längs dieses Stiftes 45 einen Punkt, wobei diese Punkte übereinander liegen (also ihre Intensität integrieren), wenn der Stift 45 linear ist. Wenn ein Stift 45 (wie im Beispiel der Fig. 5 ganz links) nicht gerade, sondern krumm ist, dann verschleift die Darstellung in der Transformations-ebene zu einer Kurve. Die Punkte in d r Transforma-

tionsebene liegen dann genau auf einer geraden Linie 46, wenn die zugeordneten Stifte 45 nicht nur gerade, sondern auch zueinander genau parallel sind. Stifte 45, die zwar selbst geradlinig verlaufen aber nicht parallel zu den anderen Stiften 45 sind, wie in der Beispieldarstellung der Fig. 5 der zweite von rechts, führen in der Transformationsebene zu einer Punktdarstellung abseits der idealen Linie 46. Es kann also in der Transformationsebene ein Toleranzschlauch 47 konzentrisch um die Linie 46 bestimmt werden, innerhalb dessen die Abbildungen liegen müssen, wenn deren körperlicher Ursprung noch tolerierbare Abweichungen von der idealen Gestalt (hinsichtlich Parallelität und Linearität) aufweist. Wenn die Grenzen des Toleranzschlauches 47 berührt oder gar überschritten werden, dann weist der zugeordnete Stift 45 eine unzulässige Verformung auf. Für diese Auswertung wird die Kontur des zu untersuchenden Gegenstandes 44 mittels Auflicht- oder Hintergrundbeleuchtung wieder über eine Matrix-Kamera in ein gerastetes Binärbild 33 umgesetzt, aus dem nun lediglich der geometrisch interessierende Teil (hier also der Verlauf der Stifte 45 relativ zueinander) ausgewertet wird.

Wie aus vorstehenden Realisierungsbeispielen ersichtlich ist stets anzustreben, das zu analysierende Objekt mit derartigen Kontrastverhältnissen aufzunehmen, daß eine Binärbild-Verarbeitung erfolgen kann, also eine rechenzeitaufwendigere Graubildverarbeitung vermieden werden kann. Problematisch sind die Kontrastverhältnisse nicht nur bei Mustern auf sehr unebenen Oberflächen (wie Aufdrucken auf stark gekrümmten Zylindermantelflächen). Kontrastkritisch sind auch zweidimensionale oder dreidimensionale farbige Gebilde, die in farbiger Umgebung einer automatische Mustererkennung etwa zur Qualitätsprüfung oder zur Handhabungssteuerung unterzogen werden sollen. Das trifft in vergleichbarer Weise zu bei der Vegetationsüberwachung, wenn also beispielsweise über unterschiedliche Blatt- oder Fruchteinfärbung auf die Ausmaße von Schädlingsbefall oder von Überdüngung geschlossen bzw. zur Verkehrswege-Sicherung Landstraßen auf Seitenbewuchs bzw. Schienenwege auf Schotterbewuchs durch Überfliegen oder Überfahren mittels einer Aufnahmeeinrichtung überprüft werden sollen. Das Problem ausreichenden Farbkontrastes tritt auch auf, wenn etwa im Zuge der Bestückungsprüfung der Farbcode von Bauelementen auf einem farbigen Schaltungsträger ausgewertet werden soll.

In all diesen Fällen läßt sich der wünschenswerte Kontrast für eine Binärbild-Verarbeitung weitgehend beleuchtungsunabhängig dadurch erzielen, daß die für die konkrete Mustererkennung interessierende Farbkomponente ausgeblendet und der dadurch sich in farbiger Umgebung einstellende farblose Bereich etikettiert wird, also unterbrochene benachbarte Bereiche zu einer durchgehenden Kontur verbunden werden. Diese entspricht dann etwa einem Bewuchsstreifen am Fahrbahnrand bzw. im Schotterbett oder einzelnen großblättrigen Unkrautpflanzen im reifen Getreidefeld.

Gemäß Fig. 7 wird ein Geländestreifen 48 mittels einer Dreifarben-Kamera 16 aufgenommen. Da grüne Vegetation 49 in der Geländeumgebung erfaßt werden soll, wird aus den drei Farbauszügen jeweils der Verhältniswert Grün zu Rot und Grün zu Blau gebildet. Um zeitaufwendige Divisionen zu vermeiden, sind die Verhältnisbildner 50 zweckmäßiger Weise als Divisionstafeln abgespeichert. Die b iden Verhältniswerte für die aktuell erfaßte Szene werden im Klipper 51 in ein Binär-

bild umgesetzt, dessen interessierenden Einzelregionen in einem Etikettierer 52 zu einer Großregion zusammengezogen werden, wenn der Histogramm nicht bereits unter zahlreichen kleineren Flächen eine signifikant große interessierende Fläche entdeckt haben sollte. Je nachdem, ob die interessierende Fläche originär erscheint oder erst durch Etikettieren entsteht, wird beispielsweise ein Laser aktiviert oder eine Mischdüse 54 angesteuert, die ein Herbizid hoher oder weniger hoher Konzentration ganz gezielt über dem Bereich des gerade erfaßten Geländestreifens 48 ausbringt, in dem großblättrige Vegetation 49 oder aber nur mehr oder weniger flächendeckende Kleinvegetation entdeckt wurde, die beide z. B. am Fahrbahnrand oder im Schotterbett eines Schienenweges aus Gründen der Verkehrssicherheit eliminiert werden muß.

gebung die dominierende Grundfarbe im Muster durch Verhältnisbildung mit den anderen Grundfarben eliminiert und auf das resultierende farblose Muster, gegebenenfalls nach Etikettierung zu einem größer-flächigen Gebilde mit geschlossener Umfangslinie, die Binärbild-Verarbeitung angewandt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß nach Maßgabe des Histogramms des, nach Ausblenden der dominierenden Primärfarbe des interessierenden Objektes gegebenenfalls etikettierten Binärbildes die Steuerung einer Vegetationskontrolle in Nutzkulturen und/oder längs Verkehrswegen erfolgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von interessierenden Mustern auf Grund von vorgegebenen Vergleichsinformationen, dadurch gekennzeichnet, daß bei guter Korrelation eines aus dem interessierenden Muster herausgegriffenen singulären Ausschnittes mit einem entsprechenden Vergleichsmuster die sich diesem Ausschnitt seitlich anschließenden Bereiche Block für Block gerastert und pixelweise auf die Eingangsneuronen eines gelernten Klassifikationsnetzwerkes geschaltet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Blockweite der typischen Breite und/oder Höhe der einzelnen nebeneinander angeordneten Symbole des insgesamt interessierenden Musters entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreuzkorrelation des Ausschnittes zum Bestimmen der Referenzposition für die blockweise Mustererkennung über Mittelwertbildungen oder Standardabweichungen normiert erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Negativbild des abgedruckten interessierenden Musters als Binärbild wenigstens hinsichtlich der Konturschärfe und Flächendeckung des übertragenen Musters ausgewertet wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von einem mit abgerundeten Ecken etikettierten Binärbild für die Speisung des gelernten Klassifikationsnetzwerkes die schnelle Fourier-Transformation der Folge der Krümmungswerte über einem Kantenumlauf erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage des Binärbildes im Referenzsystem durch die Neigung der Momentenellipsen um den Flächenschwerpunkt des Binärbildes bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Gütekriterium ein Toleranzschlauch über die Folge der Abbildungspunkte einer Hough-Transformation des Binärbildes von aus einem Gegenstand parallel zueinander hervorstehenden geradlinigen Teilen gelegt wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildverarbeitung eines farbigen Musters in farbiger Um-

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

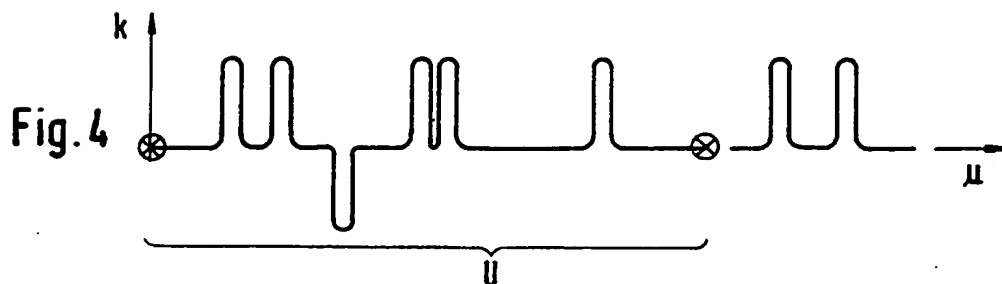
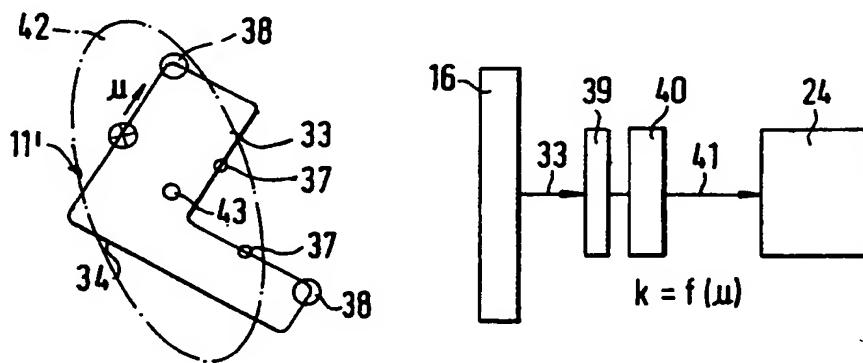
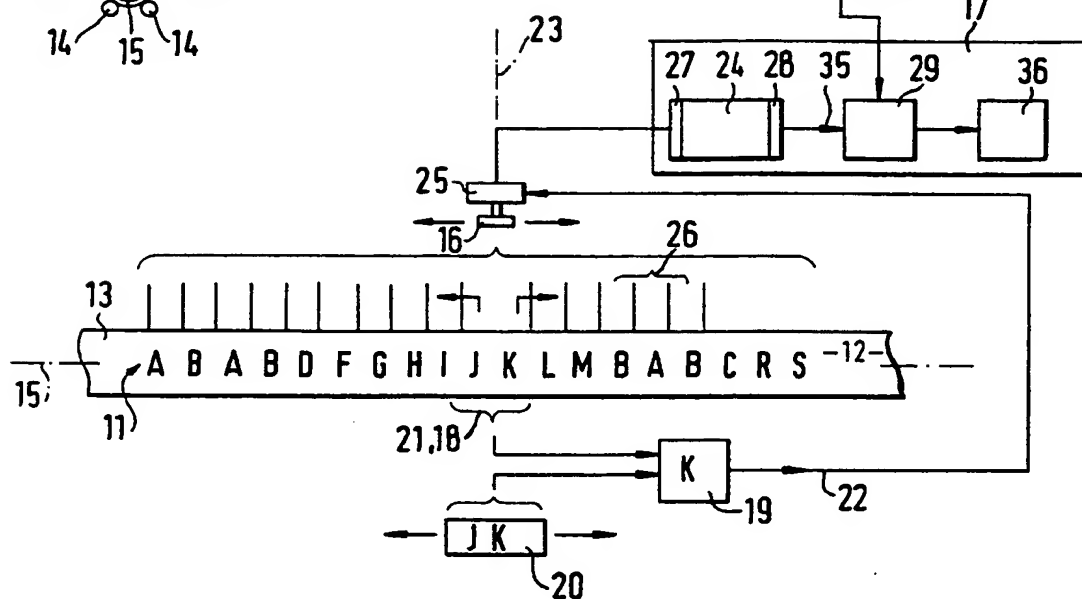
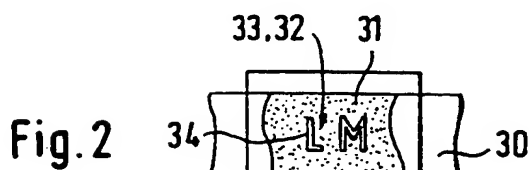
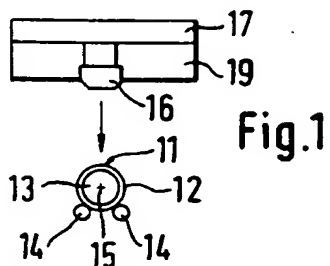


Fig. 5

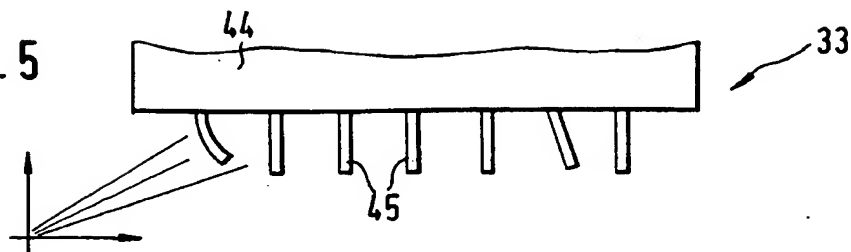


Fig. 6

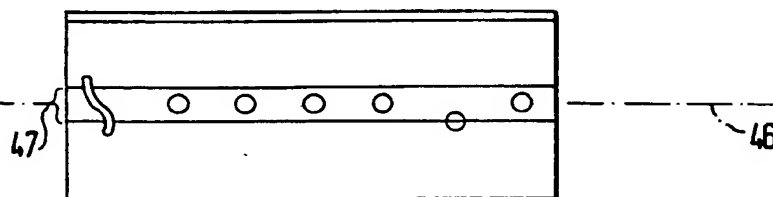


Fig. 7

